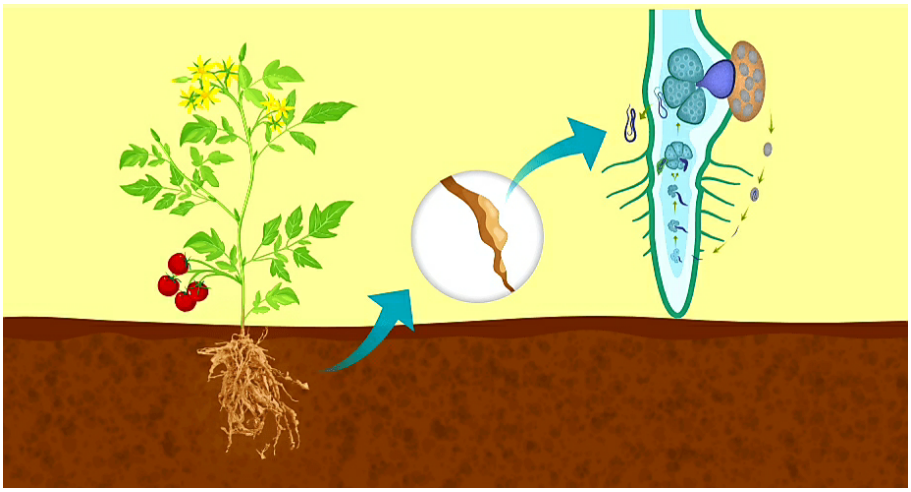
الجمهورية اليمنية

وزارة التعليم الفني و التدريب المهني

مرض تعقد الجذور النيماتودي



(دليل فني إرشادي)

2021م

مرض تعقد الجذور النيماتودي

Root Knot Nematodes

(دليل فني إرشادي)

إعداد

م . عمرو جابر نعمان العواضي

00967 770275567

19 June 2021 م

حقوق الطبع و النشر محفوظة لدى المؤلف

و لا مانع من نشر أو طباعة هذا العمل كوحدة متكاملة دون تعديل

بالإضافة أو الحذف ، و يمنع ترجمته دون موافقة خطية مسبقة من

المؤلف

2021م

المحتويات

مقدمة

1 - التصنيف العلمي و التسمية 5

2 - التوزيع الجغرافي 6

3 - الأهمية الإقتصادية و الضرر..... 9

4 - الوصف..... 10

5 - أعراض الإصابة 13

6 - الفرق بين العقد النيماتودية المرضية و العقد البكتيرية النافعة 16

- الفرق بين عقد الجذور النيماتودية و عقد الجذور لنيماتودا تعقد الجذور الكاذب

7 - كيفية حدوث الإصابة / إحداث المرض 18

8 - دورة الحياة 20

9 - طرق التمييز بين أنواع نيماتودا تعقد الجذور 21

10 - العوامل المؤثرة في شدة الإصابة 23

11 - أعداد النيماتودا في التربة : أهميته و العوامل المؤثرة فيها 24

12 - التفاعل بين نيماتودا تعقد الجذور و المسببات المرضية الأخرى 27

13 - المكافحة المتكاملة..... 28

المصادر

ملحق

مقدمة :

تعد النيماتودا المتطفلة على النبات من الآفات الرئيسية التي تؤدي إلى الإضرار بالمجموع الجذري و تثبيط وظائفه . و تبلغ جملة الخسائر الإقتصادية في إنتاجية المحاصيل الزراعية نتيجة الإصابة بالنيماتودا حوالي 10% من جملة الإنتاج العالمي ، نصف هذه الخسائر يعود إلى الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne spp.* بمفردها . تقدر خسائر المحاصيل في جميع أنحاء العالم بسبب النيماتودا على 37 محصولا بمبلغ258.24 مليار دولار سنويا بناء على أرقام إنتاج 2010 - 2013 م.

تتمتع النيماتود الطفيلية النباتية بتأثير اقتصادي كبير على إنتاج القهوة في معظم البلدان وتعتبر واحدة من العوامل الرئيسية الحدية في إنتاج القهوة (البن) وتقدر خسائر القهوة (البن) في جميع أنحاء العالم بنحو 15 %

يمثل الإنتشار الواسع لأنواع نيماتودا تعقد الجذور أحد أهم و أكثر المشاكل النيماتودية أهمية في الجمهورية اليمنية ، و من هذا المنطلق تولدت فكرة إعداد هذه النشرة ؛ لسد ثغرة ما في المكتبة الزراعية اليمنية ، و تجميع و ترتيب المعلومات الفنية المتناثرة عن نيماتودا تعقد الجذور ؛ ليستفيد منها المهتمين بالزراعة و على رأسهم مختصي وقاية النبات و أيضا المزارعين ممن يفقه القراءة و الكتابة.

و الله الموفق ،،،

م . عمرو جابر نعمان العواضي

19 . 6 . 2021

التصنيف العلمي و التسمية

أولا : التصنيف العلمي :

المملكة	Animalia
شعبة	Nematoda
صف	Secernentea
رتبة	Tylenchida
عائلة	Heteroderidae
جنس	Meloidogyne

ربما يزيد عدد أنواع نيماتودا تعقد الجذور المعروفة (و جميعها يتبع الجنس *Meloidogyne*) على 100 نوعا ، و قد حدد *Taylor & Sasser (1978)* سبعة و ثلاثون نوعا منها ، كما يلي:

M. acrita
M. acronea
M. africana
M. ardenensis
M. arenaria
M. artiellia
M. bauruensis
M. brevicauda
M. coffeicola
M. decalineata
M. deconincki
M. ethiopica
M. exigua
M. graminicola
M. graminis
M. hapla
M. incognita
M. indica
M. inornata
M. javanica
M. kikuyensis
M. kirjanovae
M. litoralis
M. lordelloi
M. lucknowica
M. mali
M. megadora
M. megriensis
M. microtyla
M. naasi
M. oteifae
M. ottersoni
M. ovalis
M. poghossianae
M. spartinae
M. tadshikistanica
M. thamesi

و بالرغم من كثرة الأنواع المعروفة من نيماتودا تعقد الجذور ، فإن 99% من العينات التي جمعت من مختلف أنحاء العالم كانت من أربعة أنواع رئيسية ، هي :

Meloidogyne incognita ***M. javanica***

M. arenaria ***M. hapla***

تنتشر الأنواع الثلاثة الأولى في المناطق الحارة التي يكون معدل درجة الحرارة القصوى فيها 36 درجة مئوية أو أقل ، بينما يوجد النوع الرابع ***hapla*** في المناطق الباردة التي يصل فيها انخفاض درجة الحرارة إلى - 15 درجة مئوية ، لكنه لا ينتشر إلا في المناطق التي يكون معدل درجة الحرارة القصوى فيها أقل من27 درجة مئوية . و هي التي تقع شمال خط عرض 35 درجة شمالا . و جنوب خط عرض 35 درجة جنوبا.

ثانيا : التسمية :

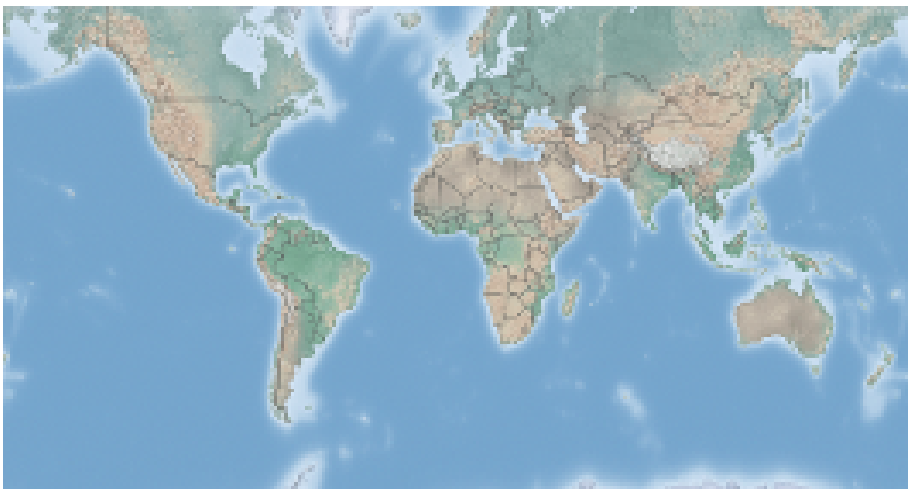
الإسم العلمي المفضل : ميلويدوجين	***Meloidogyne spp.***
الإسم الشائع المفضل : نيماتودا تعقد الجذور	***root - knot nematode***
أسماء علمية أخرى : أوكسيورس	***Oxyuris spp.***
أسماء شائعة أخرى : آفة سرطان الجذور	

يرجع سبب تسمية هذه النيماتودا بنيماتودا تعقد الجذور إلى طبيعة أعراضها التي تظهر على جذور النبات المصاب بشكل عقد.

التوزيع الجغرافي

وصف هذا المرض لأول مرة في إنجلترا سنة ***1855*** م و تعتبر نيماتودا تعقد الجذور أكثر انواع النيماتودا إنتشارا ، و ينتشر المرض في جميع أنحاء العالم في المناطق الإستوائية و تحت الإستوائية و المعتدلة.

أولا : الإنتشار العالمي للمرض :



(مناطق انتشار نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne incognita*** عالميا)

ثانيا : الإنتشار المحلي (اليمن) للمرض :

سجلت نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne*** في جمهورية اليمن الديمقراطية بواسطة الدكتور بكير عطية عام ***1975*** م و ذلك في عينات أخذت من محافظة عدن و حضرموت . وجدت مجموعة عينات جذور نباتات محفوظة في فورمالين في مختبر الأمراض النباتية في مركز الأبحاث الزراعية في سيئون بوادي حضرموت ، و تظهر على هذه الجذور الأعراض المميزة لنيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne*** و قد أخذت المجاميع الجذرية من عدد كبير من المحاصيل الزراعية ، بعضها من المناطق الساحلية من كل من الفلفل و اللوبيا و القرع العسلي و الباباي ، و بعضها الآخر من مناطق مختلفة من وادي حضرموت من كل من محاصيل القرنبيط و الطماطم و البطاطس و الباذنجان و البصل و الملوخية و البامية و الخروع و التين . و كذلك وجدت عينات مصابة من حشائش لسان البقرة و خضيرة و اليفيان و البصوص.

و الجدول التالي يوضح إنتشار نيماتودا تعقد الجذور في الجمهورية اليمنية :

الجنس / النوع	العائل	المنطقة	المرجع
M. incognita		اليمن	***https://www.cabi.org/isc/datasheet/33245#REF-DDB-109751***
Meloidogyne sp	البن	بني مطر / صنعاء	المفلحي ***(2017)***
M. incognita	طماطم محمي	سحار / صعدة	***M. R. M. Saeed and J. N. Shawkat (2014)***
M. incognita	طماطم موز موز كوسة موز طماطم و موز موز رمان فلفل عنب	وادي زبيد - تهامة ريمة - تهامة وادي الضباب / تعز وادي ***Birrain*** تعز وادي هجدة / تعز اليمن مزرعة الفاو / إب بني حشيش / صنعاء	***Proceedings of The Second Research Planning Conference on Root-Knot ,Nematodes Meloidogyne spp. 1979***
M. javanica	لوز فاصوليا ، بطاطس و طماطم	حدة / صنعاء مزرعة الفاو / إب	***Proceedings of The Second Research Planning Conference on Root-Knot***

	رمان كوسة	اليمن مزرعة الفاو / تعز	,*Nematodes* *Meloidogyne* *spp.*1979
Meloidogyne sp	طماطم فلفل موز موز قطن عشبة ضارة	وادي سردود / تهامة تعز تعز طريق صنعاء الحديدة وادي زبيد / تهامة وادي ظهر / صنعاء	***Proceedings of The Second Research Planning Conference on Root-Knot ,Nematodes Meloidogyne spp. 1979***
Meloidogyne sp.	طماطم محمي طماطم محمي خيار محمي خيار محمي خيار محمي خيار محمي خيار محمي خيار محمي	صعدة الرحبة / صنعاء الحيمة الداخلية/ صنعاء الروضة / صنعاء ضورآن آنس/ذمار حدبة العليا /إب ضورآن آنس / ذمار قاع ذمار / ذمار	(العواضي 2019) (العواضي2018) (العواضي2017) (العواضي2017) (العواضي2019) (العواضي2017) (القرشي و آخرون 2004) (محرم و آخرون 2001)
Meloidogyne sp.	موز باباظ موز و بن	سردود / الحديدة الحسينية / الحديدة وادي شرس / حجة	(المفلحي 2009)
Meloidogyne sp.	باذنجان تين و نخيل و عنب	وادي حضرموت وادي حضرموت	(أبو غريبة 1983)
Meloidogyne arenaria	باذنجان و تين	وادي حضرموت	(أبو غريبة 1983)
Meloidogyne incognita	فلفل و تين و دمس	وادي حضرموت	(أبو غريبة 1983)
Meloidogyne spp.	الثوم	صنعاء ، إب ، وحضرموت	(راوح 2015)

الأهمية الإقتصادية و الضرر

تعد نيماتودا تعقد الجذور ، أخطر و اشهر نيماتودا متطفلة / ممرضة للنبات على الإطلاق ؛ و يعود ذلك لعدة أسباب ، نذكر اهمها فيما يلي :

1 - يعتبرها الكثير من علماء أمراض النبات إحدى أهم خمسة مسببات مرضية إقتصادية في العالم و تسبب خسائر إقتصادية كبيرة للمحاصيل الزراعية تصل إلى *100%* و قد أكدت إحدى الدراسات أن نيماتودا ***Meloidogyne***جاءت في المرتبة الأولى بين الأنواع و الأجناس النيماتودية العشرة الأكثر أهمية و ضررا بالمزروعات على مستوى العالم.

2 - لأنها الأكثر إنتشارا في جميع أنحاء العالم.

3 - مداها العائلي واسع حيث تصيب أكثر من *3000* نوع من النباتات الإقتصادية و غير الإقتصادية.

4 - تتحمل إختلافات درجات الحرارة ، و تستطيع البقاء بدون عائل لمدة سنتين و هذا يتوقف على العوامل البيئية.

5 - تشترك مع الأحياء الدقيقة الممرضة الأخرى في التربة في إحداث المعقدات المرضية / الإصابات المرضية المركبة.

6 - مقدرتها على كسر مقاومة الأصناف النباتية لبعض المسببات المرضية الأخرى ، فضلا عن إضعاف النباتات و تهيئتها للإصابة بأحياء ضعيفة.

7 - تضعف نمو النبات و تسبب نقص إنتاجيته كما و نوعا و قد تسبب موت النبات حيث أن الإصابة و تكون الأورام على الجذور تعيق قيام الجذور بوظيفتها فتمنع الإمتصاص الطبيعي للماء و العناصر الغذائية من التربة.

سجل رسميا في ولاية ***North Carolina*** الأميركية ما أنفقه المزارعين من استخدام المبيدات و تكاليف تطبيق المكافحة لنيماتودا تعقد الجذور في حقول التبغ *19* مليار دولار . و تقدر الخسائر العالمية على الطماطم بسبب نيماتودا تعقد الجذور نحو *27 %*

و في اليمن تعتبر النيماتودا ***M. incognita*** آفة خطيرة على الطماطم و تسبب خسائر فادحة في العائد خاصة في البيوت و الأنفاق البلاستيكية . كما تعد نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne spp.*** أحد أهم مشاكل زراعة و إنتاج الخيار في اليمن خاصة في البيوت المحمية البلاستيكية . كما سجلت نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne spp.*** في معظم المحافظات اليمنية على محاصيل زراعية أخرى ، أهمها : البن ، الموز

، الرمان ، العنب ، النخيل ، التين ، الباباظ ، الكوسا ، الفلفل ، البطاطس ، الباذنجان ، القطن و الفاصوليا و غيرها.

و قد ذكر أبو غريبة *(1983)* أن نيماتودا تعقد الجذور بشكل خاص تنتشر إنتشارا واسعا في أراضي الخضروات و على الأشجار المثمرة في كلا من المنطقتين الساحلية و وادي حضرموت - اليمن.

و قد لوحظ من خلال العمل الميداني في اليمن أن الخيار المزروع في المحميات أكثر عرضة للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور مقارنة بالطماطم ، و هذا يتوافق مع إحدى الدراسات (حماش و آخرون *2014* م) التي تشير نتائجها بأن القرعيات أكثر حساسية للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور مقارنة بالباذنجانيات.

الوصف

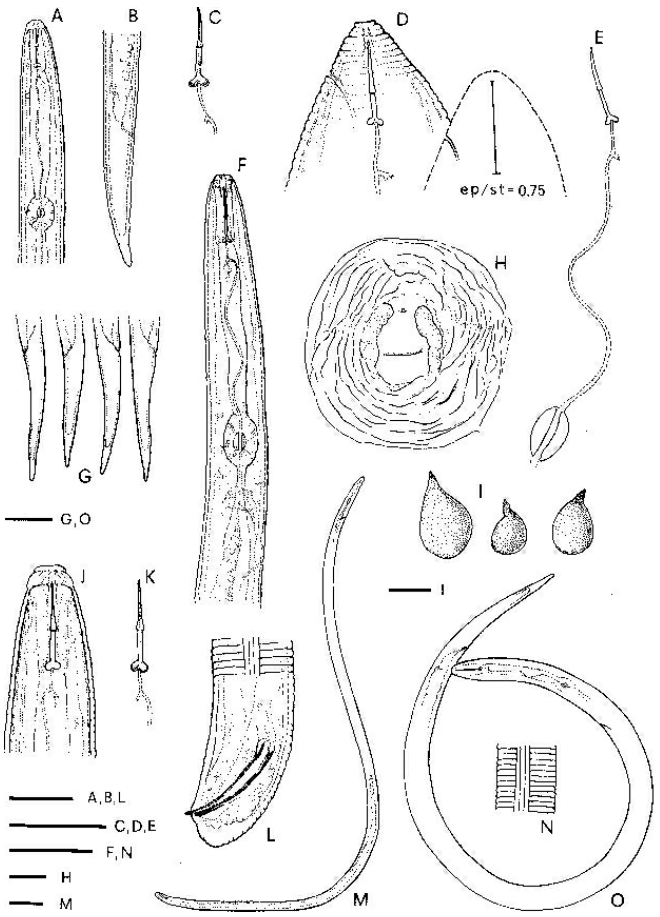
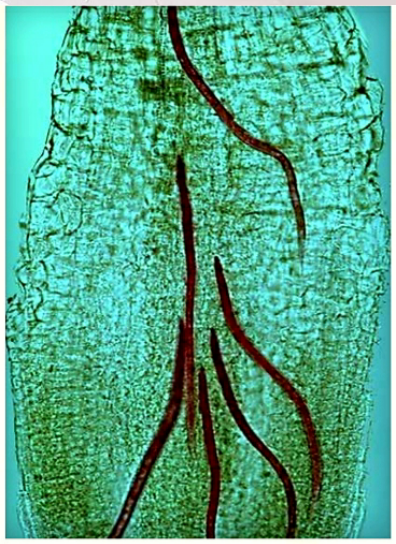


Fig. 1. Line drawings of Meloidogyne baetica n. sp. second-stage juveniles: A and F, anterior body region; B and G, variation in tail regions; C, stylet; and O, outline of whole specimen. Female: D, lip region; E, stylet; H, perineal pattern; and I, outline of whole specimens. Male: J, lip region; K, stylet; L, tail; and M, outline of whole specimen. N, lateral field of second-stage juvenile at mid-body. (Scale bars: I = 500 m; M = 100 m; A to O = 20 m).

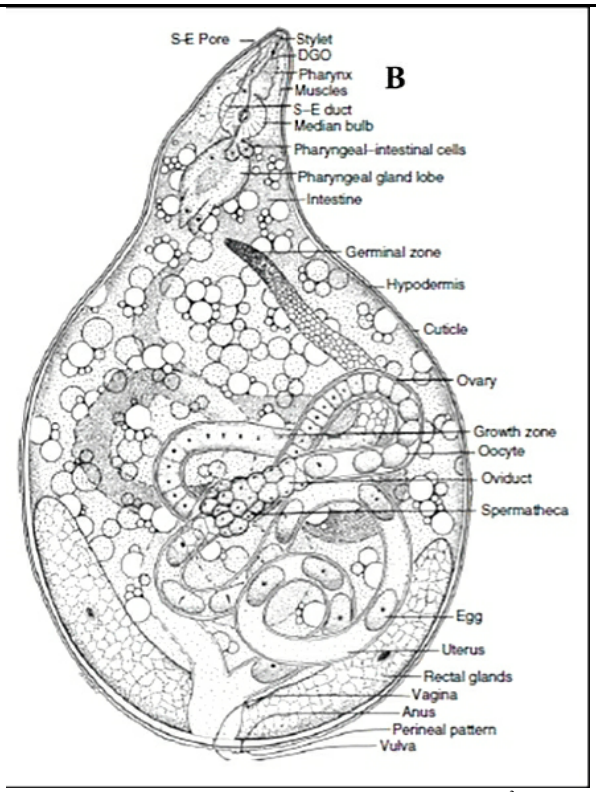
(عن-https://www.semanticscholar.org/paper/A-New-Root-Knot-Nematode%2C-Meloidogyne-baetica-n.-in-Castillo-Vovlas/79ef0cc1c508f7bd33f067601407b95a6e1e9a8a)

نيماتودا تعقد الجذور عبارة عن ديدان صغيرة مجهرية ، داخلية و إجبارية التطفل ، و هناك تباين في الشكل بين الذكور و الإناث و اليرقات ، و الجدول التالي يوضح شكل و وصف كل طور على حده:

البيض Eggs بيضاوي الشكل ، تضعه الأنثى في كيس جيلاتيني يحيط بالفتحة التناسلية ، طول البيض حوالي 100 ميكرون ، يوجد البيض داخل و خارج أنسجة الجذور.	 بيض حديث للنيماتودا Meloidogyne graminis المصدر : https://entnemdept.ufl.edu/creatures/NEMATODE/grass_rootknot.html
اليرقة Grub دودية أو خيطية الشكل ، لها أربعة أطوار ، الأول ينسلخ داخل البيضة ، الثاني يخرج من البيضة ليصيب العائل ، اليرقة الأنثى تعيش داخل الجذر و تظل كذلك ، اليرقة الذكر تعيش داخل الجذر جميع أطوارها ثم تغادر الجذر لتعيش بالتربة ، يصل طول اليرقة حوالي 0.5 ملم و قطرها 15 ميكرون.	  Second-stage juveniles of root-knot nematode, *Meloidogyne* sp., penetrating tomato root tip. (Courtesy of Jonathan D. Eisenback, Virginia Polytechnic Institute and State University, Bugwood.org)

الأنثى *Female*

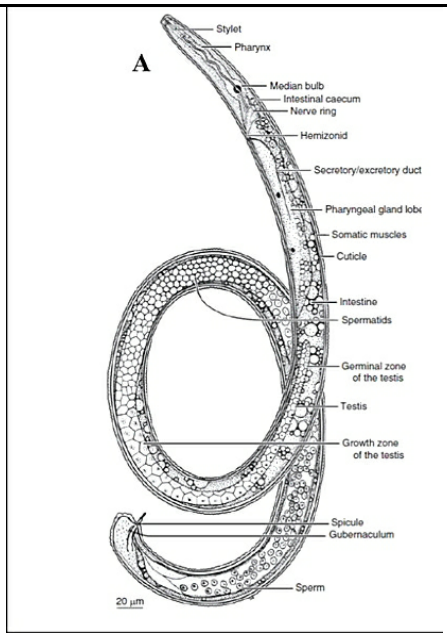
الأنثى الناضجة كمثرية الشكل و قد تكون كروية عدا جزء أمامي متطاول ، رأسها مستدير ، لها مبيضان مفتوحان في رحمين و يفتح الرحمان بفتحة تناسلية في مؤخرة الأنثى حيث تضع فيها البيض في كتلة يفرزها حوالي 6 غدد المستقيم من فتحة الشرج ، رمح الأنثى اسطواني أصغر من رمح الذكر أو اليرقة و له عقلة قاعدية ، أبعاد الأنثى × 0.3 - 0.8 1.3 - 0.4ملم ، و يمكن رؤية الإناث الناضجة بالعين المجردة بشكل نقط لامعة محاطة عادة بطبقة بنية من أنسجة العائل. و يبقى جدار الجسم أبيض طري و لا يكون حوصلة *Cyst* و تتميز الإناث بعنق ضيق مستدق في المقدمة ، و بضخامة البصلة الوسطى ، و بكبر غدد المريئ القاعدية.



رسم أنثى نيماتودا تعقد الجذور مع الهياكل و الأعضاء المرتبطة

الذكر *Male*

دودي أو اسطواني الشكل ، يمتاز بوجود عقد قاعدية و يوجد في التربة ، نهاية الذكر مستديرة و ليس لها جراب تناسلي و أشواك الجماع طرفية ، طول الذكر 1.2 - 1.5ملم. للذكر رمح اسطواني جيد التكشف بعقد قاعدية.



رسم لجسم ذكر نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne*

أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور

أولا : الأعراض على الأجزاء النباتية فوق سطح التربة:

تظهر أعراض الإصابة في الحقول و البساتين بشكل مناطق أو بقع متناثرة من نباتات صفراء ضعيفة متقزمة سرعان ما تظهر عليها أعراض الذبول خاصة في الجو الحار الجاف . تتميز هذه المناطق أو البقع بعدم الإنتظام في الشكل . أما في البيت المحمي فتظهر الإصابة على مجموعة من النباتات المتجاورة في الخط (ممكن أن تكون أكثر من مجموعة في الخط الواحد) يتخللها بعض النباتات السليمة ظاهريا .

النباتات المصابة تظهر عليها أعراض الذبول حتى في وجود الماء ، صفراء اللون ، و جافة أحيانا ، و متقزمة أحيانا أخرى ، ثم تموت في النهاية . هناك تشابه كبير بين أعراض الإصابة بالأمراض النيماتودية بشكل عام و بين أمراض النبات المختلفة ، و كذلك الأعراض الناجمة عن الجفاف أو نقص العناصر الغذائية في التربة و أمراض الجذور . في الطماطم يلاحظ تحول لون الأوراق في النباتات المصابة بنيماتودا تعقد الجذور إلى الإرجواني و التي يمكن أن تشير إلى نقص الفوسفور . قد لا تظهر الأعراض على المجموع الخضري في المبدأ و لكن يلاحظ فيما بعد قلة الأزهار و قلة المحصول و أحيانا لا يستطيع النبات إعطاء أزهارا أو ثمارا . الإصابات الشديدة للنباتات الصغيرة قد تؤدي إلى موت النباتات.

ثانيا : الأعراض على الأجزاء النباتية أسفل سطح التربة:

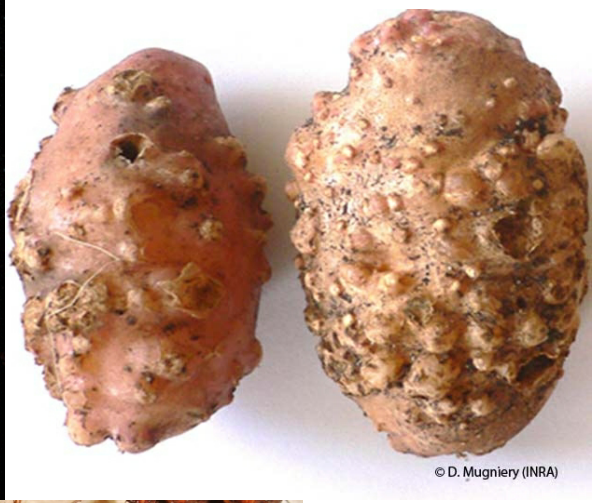
إن أبرز أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور من الأنواع ***M. javanica*** ، ***M. incognita*** و ***M. arenaria*** هو تكون العقد الجذرية ، و هي عبارة عن إنتفاخات أو ثآليل أو تورمات تظهر في جذور النباتات ، و يتراوح قطرها من ملليمتر واحد إلى أكثر من ثلاثة سنتيمترات . عادة يكون المجموع الجذري للنباتات المصابة ضعيفا و يظهر به عدد كبير - نسبيا- من الجذور الجانبية السطحية. وقد تنشأ من التدرنات فروع جانبية للجذر تصاب أيضا . أما النوع ***M. hapla*** فإن العقد الجذرية تكون غير واضحة و تتسبب في إحداث تفرعات جذرية كثيفة و تكوين بعض العقد الجذرية الصغيرة . و يكون الضرر عادة كبيرا عندما تكون نسبة الرمل في التربة ***50%*** أو أكثر . الجذور المصابة تتحول بتقدم الإصابة للون بني و تتحلل و تزيد قابليتها للإصابة ببعض الأمراض الفطرية مثل تلك الناتجة عن فطريات ***Fusarium spp*** و فطر ***Rhizoctonia sp*** و خاصة في زراعات الطماطم و البطاطس و البطيخ.

في المحاصيل الدرنية كما في البطاطس و المحاصيل الجذرية كما في البطاطا و الجزر و البنجر تخترق اليرقات السطح الخارجي و تنضج اليرقات و تمتلئ الإناث بالبيض الذي يفقس ثم تخرج اليرقات مسببة ظهور بقع بنية إلى سوداء ثم تتكون إنتفاخات دملية الشكل تسبب تشويه في شكل الدرنات و تشققها ، و قد تمتد الإصابة للداخل مسببة إتلاف الأنسجة الداخلية و الإقلال من قيمتها الغذائية و قد تتعفن الدرنات.

و لكي يتم التأكد من أن هذه العقد ناجمة عن الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور يلزم فحص هذه العقد في المختبر لمشاهدة النيماتودا أو أحد أطوارها اليرقية داخل العقد حيث تشاهد في القشرة قرب الإسطوانة الوعائية ، و تظهر الخلايا كبيرة الحجم كما تزيد أعدادها نتيجة لإنقسام غير طبيعي في هذه الخلايا.

و العقد الكبيرة تنتج من الإصابة بعدد كبير من الديدان ، و قد تتكون العقد أيضا على السيقان التي توجد تحت سطح التربة فتشاهد على درنات البطاطس و سوق الطماطم و الخيار المصابة.

وجود أكياس البيض على سطح العقد (و خاصة بعد صبغها) و الإناث و اليرقات داخل الجذور ، و هذه تعتبر من ضروريات عملية تشخيص هذا المرض .



الفرق بين العقد النيماتودية المرضية و العقد البكتيرية النافعة

وجود عقد على الجذور لا يعني بالضرورة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور ؛ لأنها قد تظهر أيضا في الحالات التالية :

1 - عند الإصابة بأنواع أخرى من النيماتودا منها : *Ditylenchus* و *Meloidodera* و *Nacobbus*

2 - عند الإصابة بتدرن الجذور المتسبب عن الفطر *Plasmodiophora brassicae*

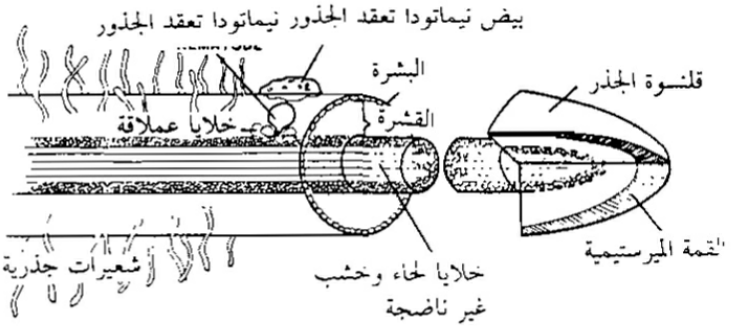
3 - بواسطة بكتيريا العقد الجذرية في البقوليات.

العقد النيماتودية	العقد البكتيرية
تتكون على الجذور نتيجة الإصابة بالنيماتودا ***Meloidogyne spp.***	تتكون على جذور محاصيل العائلة البقولية بواسطة بكتيريا نافعة من جنس زايزيوبيوم و براديرايزوبيوم
غالبا تكون أكبر حجما من العقد البكتيرية و لا تأخذ الإستدارة الكاملة في شكلها و خشنة الملمس	صغيرة الحجم و شبه مستديرة الشكل و اسفنجية الملمس
تبدو كجزء متورم من نسيج الجذر نفسه من مختلف جوانبه ، و لذلك لا يمكن فصلها عنه إلا بقطعها بآلة حادة.	تتصل بالجذر من جانب واحد بواسطة رقبة رفيعة فتبدو كما لو كانت طرفية معلقة ، و لذلك تكون سهلة الإنفصال عن الجذر بواسطة اليد.
تأخذ لون الجذر عادة و قد تتحول إلى اللون البني مع تقدم الإصابة و غزو الجذر بكائنات أخرى.	عند الضغط عليها يخرج منها صبغة حمراء اللون ، و هي مادة الليجهيموجلوبين التي تفرزها البكتيريا نفسها ، و تلعب دورا مهما في عملية تثبيت النتروجين الجوي.

الفرق بين تعقد الجذور النيماتودي ، و تعقد الجذور النيماتودي الكاذب :

تسبب نيماتودا تعقد الجذور الكاذب ***Nacobbus spp.*** مرض تعقد الجذور الكاذب على كثير من جذور النباتات كالطماطم ، البطاطس ، الجزر ، اللوبيا ، الخيار ، الفجل ، الخس ، الكرنب ، اللفت و بنجر السكر . و الجذور المصابة يشاهد عليها أورام كروية تشبه الأورام الناتجة عن نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne*** و لكنها تأخذ الشكل العقدي أو الشكل السبحي على إمتداد الجذر يختلف شكلها و حجمها تبعا للكثافة العددية للنيماتودا المسببة للإصابة و حجم الجذر.

كيفية حدوث الإصابة / إحداث المرض في نيماتودا تعقد الجذور



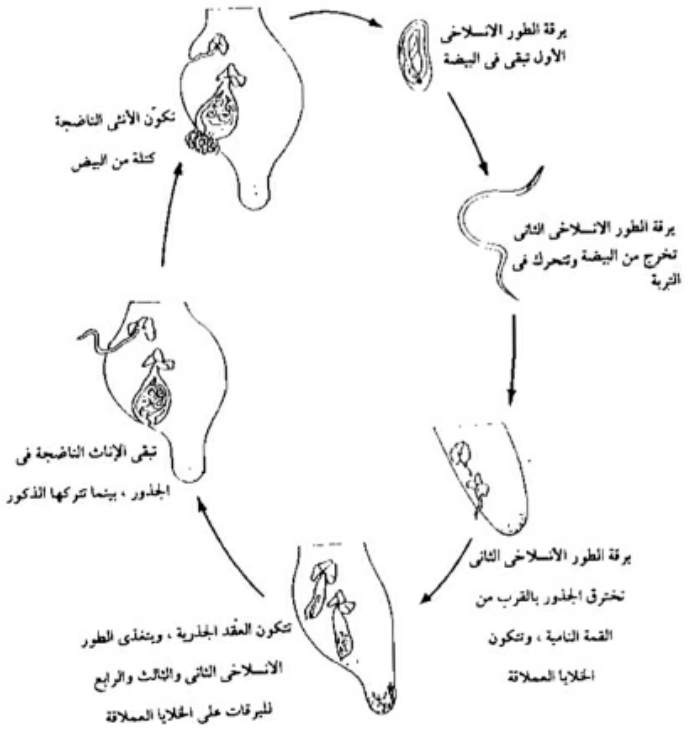
حدوث الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور خلف القمة النامية للجذر مباشرة

يفقس البيض و تخرج منه يرقات الطور اليرقي الثاني و هو الطور القادر على إصابة النبات حيث يتجه إلى الجذور عن طريق إستقبالها لمنبهات خاصة صادرة منه ، و يخترق هذا الطور جذيرات النبات العائل خلف القمة النامية للجذر مباشرة عن طريق الرمح الموجود في مقدمة جسم النيماتودا . تخرج اليرقات في طورها الثاني للتربة و تأخذ طريقها في الجذر بين الخلايا أو تخترق الجدر الخلوية مباشرة و تحتل مكانا في القشرة بحيث تكون اليرقات في إتجاه مواز لمحور الجذر الطولي ، و يكون رأس اليرقة مطمور في الأنسجة ، حول الحزم الوعائية . تتغذى اليرقات عن طريق الرمح أو عن طريق حركة الرأس البطيئة في جميع الإتجاهات و يكون الرمح في تلك الحالة مسحوبا داخل الجسم . تحدث العدوى للنباتات على درجات حرارية ما بين - 35 10 درجة مئوية و أفضلها 27 درجة مئوية . تتحرك اليرقات حركة محدودة في التربة . ففي التربة الرملية المفككة تتحرك اليرقة مسافة 30 سم في الأشهر الدافئة و يمكنها أن تتحرك لمسافة 60 - 90 سم في الأراضي الرطبة ، و طرق الإنتقال الرئيسية هي بواسطة الماء أو بنقل التربة أو عن طريق التقاوي أو الشتلات المصابة أو عن طريق الأدوات و الآلات الزراعية. تتحرك اليرقات في الخلايا الميرستيمية ، و نتيجة لتغذيتها على أنسجة الجذر فإن الخلايا البرانشيمية الوعائية و خلايا البريسيكل و خلايا الأندوديرمز المحيطة بالخلايا العملاقة يحدث لها زيادة في الحجم فتظهر كبيرة الحجم و متضخمة و بها العديد من الأنوية خاصة في المناطق التي يوجد بها رؤوس الديدان و يصل قطرها ضعف إلى ثلاثة أمثال قطر الخلايا العادية (بعد يومين أو ثلاث من توطن اليرقة في الجذور فإن بعض الخلايا المحيطة برأس اليرقة تبدأ في الإتساع و تبدأ أنوية الخلايا في الإنقسام و لكن لا يتكون جدر خلوية بينها و كذلك فإن الجزء الموجود بين الخلايا يختفي و تلتهم المحتويات البروتوبلازمية العديد من الخلايا مسببة تكون الخلايا العملاقة Giant cells و يحتوي

كل تدرن عادة على 2 - 6 خلايا عملاقة و التي تتكون في القشرة و الإسطوانة الوعائية) ، يحدث ذلك (الخلايا العملاقة أو العقد أو الاورام و التدرنات) نتيجة إنقسام الخلايا بطريقة شاذة و سريعة ، و كل هذه التغييرات التي تحدث للأنسجة هي نتيجة لإفرازات لعابية سامة تفرزها اليرقات داخل الجذر ، و هذه الإفرازات تزيد من نفاذية خلايا القشرة مما يعمل على تجميع المواد الغذائية حول الديدان . كما تنتج الخلايا العملاقة أو التدرن نتيجة تضخم و إتساع النيماتودا. أما إذا كانت الإصابة في أنسجة الجذر الخشبية فإن اليرقات تصبح حبيسة و لا تضع بيضا و تموت . الذكور تغادر الجذر و تعيش حرة بالتربة ، أما الإناث فإنها تبقى داخل الجذر ، و مع نضج الأنثى فإنها تتضخم و تفقد القدرة على الحركة و هذا يعني أن إناث نيماتودا تعقد الجذور لا توجد إلا في العقد الجذرية. تستنفذ العقد الجذرية طاقة النبات و موارده أثناء تكوينها ، و تحد من إمتصاص النبات للماء و العناصر الغذائية ، الأمر الذي ينعكس سلبيا على المحصول . و تساعد الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور على حدوث إصابات اخرى فطرية و بكتيرية و فيروسية.

عموما .. تبدأ الإصابة بتغذية يرقة على خلية بشرة ثم موتها و ظهور إفرازات جذرية تنجذب إليها يرقات أخرى ، تدخل اليرقات داخل الجذر ، و عند وصولها إلى الإسطوانة الوعاية في منطقة الإستطالة بالجذر تسكن في مكانها و يتحرك الرأس للأمام و الخلف لتلامس الشفة جدار خلية ثم تدخل رمحها لداخل الخلية و تستمر بها في حركة ترددية للتغذية لمدة من بضع دقائق إلى ساعة أو أكثر ، بعدها تسحب الرمح و توجه رأسها لخلية أخرى لتتغذى منها و هكذا. اليرقات بعد الفقس تتحرك ببطئ في التربة بمعدل1 سم في اليوم و لا تتغذى حتى تصل إلى العائل . توجد اليرقات في التربة حتى عمق 2.5 متر في الأراضي الخفيفة المنزرعة بالأشجار ، و لكن معظم اليرقات توجد حتى عمق 60 سم ، و في الجو الحار تقل في الجزء العلوي من التربة حتى عمق 7 سم.

دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور



دورة حياة نيماتودا تعقد الجذور .

تتكاثر الإناث جنسيا بعد تلقيحها من الذكور حيث يحدث التزاوج بين الذكر و الانثى داخل الأنسجة النباتية ، و يمكنها في بعض الحالات أن تتكاثر بكريا أي بدون تزاوج فتتكور الأنثى و تمتلئ بالبيض . و في الظروف الطبيعية تكون الذكور نادرة الوجود ، و لا يكون وجودها ضروريا للتكاثر . يفتح المبيضين خلال الفتحة التناسلية *Vulva* و التي يخرج من خلالها البيض في كتلة جيلاتينية تفرز من غدد المستقيم ، و يبرز كيس البيض عادة على سطح الجذور. في الظروف غير الملائمة و خاصة في الأجواء الباردة قد يحاط البيض بغلاف سميك يحميه فترات السكون . تضع الأنثى الواحدة من *300 - 600* بيضة و قد يصل إلى *2800* بيضة . يتطور الجنين إلى الطور اليرقي الأول داخل البيضة ، و ينسلخ أول انسلاخ له داخل البيضة ، ثم تفقس البيضة ليخرج الطور اليرقي الثاني و الذي يعيش متطفلا داخل جذر النبات لعدة اسابيع (من *20 - 30* يوما) ، ثم ينسلخ ثلاثة إنسلاخات (أربعة أعمار يرقية) ليتكون في النهاية الطور الكامل للإناث و الذكور ، فتاخذ الإناث الشكل الكروي ثم الشكل الكمثري عندما تنضج و ذلك بعد حوالي ثلاثة أسابيع من إختراقها للجذر ، أما الذكر فيستعيد الشكل الدودي و يترك الجذور ليعيش في التربة. عند بلوغ الأنثى تفقد قدرتها على الحركة و

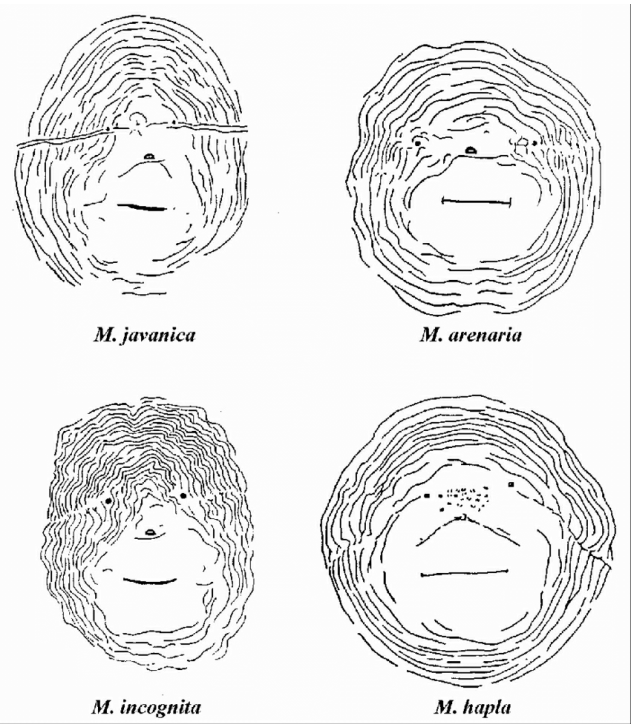
تظهر نهايتها الخلفية إما على سطح انسجة العقدة أو تكون قريبة جدا من السطح . في نهاية موسم النمو تتحلل بقايا الأجزاء النباتية المصابة بالتربة و تنطلق اليرقات في التربة و تعيش فيها دون أن تتطور أو تتكاثر و لكنها تتحرك فيها حركة حرة . مدة الجيل الواحد في الظروف الملائمة حوالي 25 يوما أو ثلاثة إلى أربعة أسابيع ، و متوسط عدد الأجيال في السنة سبعة إلى عشرة أجيال. و تتوقف سرعة التكاثر على درجة الحرارة و نوع العائل.

طرق التمييز بين أنواع نيماتودا تعقد الجذور

تستخدم عدة طرق للتمييز بين أنواع نيماتودا تعقد الجذور و من أهم هذه الطرق ما يلي :

أولا : النمط العجاني Perienal Pattera

طريقة تقليدية و تعتمد هذه الطريقة على شكل المقطع في مؤخرة الأنثى حيث وجد بأن كل نوع من انواع نيماتودا تعقد الجذور يختلف عن الآخر في الشكل و في ترتيب تخطيط الكيوتيكل في مؤخرة الأنثى و الذي يحيط بالفتحة التناسلية. و فيها يتم استخلاص النيماتودا من الجذور و توضع على شريحة زجاجية و بعد ذلك يتم قطع الجزء الخلفي لأنثى النيماتودا و يوضع غطاء زجاجي رقيق على الشريحة الزجاجية . و تفحص من خلال الميكروسكوب الذي يحدد عن طريق التجعيدات و اشكالها المختلفة الموجودة حول فتحة الشرج و الفتحة التناسلية لأنثى النيماتودا أيضا المسافة بينهما و لكل نوع من أنواع نيماتودا تعقد الجذور شكل معين و محدد للنموذج العجاني.



ثانيا : إختبار العوائل المفرقة Differentail host test

و تعتمد هذه الطريقة على استخدام أنواع من النباتات تختلف فيما بينها في قابليتها للإصابة و مقاومتها للأنواع المختلفة التابعة لجنس نيماتودا تعقد الجذور ، و تعتبر هذه الديدان ذات مدى عوائلي واسع و لا يوجد بين أنواعها تخصص واضح ، و عدد قليل من النباتات المنزرعة مثل النباتات النجيلية لا تصاب بنيماتودا تعقد الجذور . و لكن يمكن القول أن هناك تخصص نسبي في المدى العوائلي للأنواع المختلفة و يمكن التفريق بينها طبقا لتطفلها على العوائل المختلفة كما في الجدول التالي :

نـوع النيمـاتودا	استجابة الصنف النباتي للإصابة					
والسلالة	قطن Delta pine 61	تبغ NC 95	فلفل California wonder	بطيخ Charleston Gray	فول سوداني Florunner	طماطم Rutgers
M. incognita						
سلالة رقم 1	−	−	+	+	−	+
سلالة رقم 2	−	+	+	+	−	+
سلالة رقم 3	+	−	+	+	−	+
سلالة رقم 4	+	+	+	+	−	+
M.javanica	−	+	−	+	−	+
M. arenaria						
سلالة رقم 1	−	+	+	+	+	+
سلالة رقم 2	−	+	+	+	−	+
M. hapla	−	+	+	−	+	+

−, + تدل على أن الصنف مقاوم أو قابل للإصابة, على التوالي. □ تدل على العوائل المفرقة المفتاحية.

و تعتبر الأنواع التالية هي الأكثر إنتشارا و شيوعا حيث تشكل أكثر من 95% من انواع نيماتودا تعقد الجذور إنتشارا في العالم و هي :

النوع	الإسم العربي	الإسم الإنجليزي
M. arenaria	نيماتودا تعقد جذور الفول السوداني	***Peanut root knot nematode***
M. hapla	نيماتودا تعقد الجذور الشمالية	***Northern root knot nematode***
M. incognita	نيماتودا تعقد الجذور الجنوبية	***Southern root knot nematode***
M. javanica	نيماتودا تعقد الجذور الجاوية / اليابانية	***Javanese root knot nematode***

و في الجمهورية اليمنية يوجد النوع ***Meloidogyne incognita*** و الذي ينتشر بكثرة و بشكل واسع ، كما توجد الأنواع الثلاثة الأخرى.

ثالثا : الصفات الوراثية مثل عدد الكروموسومات في البويضات الحديثة المتكونة في مبيض الأنثى و طريقة التكاثر.

رابعا : فصل بعض الأنزيمات و البروتينات المهمة الموجودة في جسم الأنثى حيث تستخدم في تعريف الأنواع المعروفة لنيماتودا تعقد الجذور.

العوامل المؤثرة في شدة الإصابة

① درجة الحرارة :

يمكن أن يعيش النوع *M. hapla* في التربة المتجمدة ، و يتكاثر في حرارة تتراوح بين *15* و *28* درجة مئوية، لكنه لا يعيش في المناطق التي يزيد فيها الحد الأقصى لدرجة الحرارة صيفا عن *27* درجة مئوية ، أما الأنواع الأخرى ، فيمكنها أن تعيش في حرارة تتراوح بين صفر و *5* درجة مئوية ، و لكنها لا تصيب النباتات ، و لا تتكاثر إلا في درجات الحرارة الأعلى من ذلك . و يمكن القول إن حرارة *5* درجة مئوية هي الحد الأدنى للإصابة بنيماتودا *M .hapla* و أن الدرجة المثلى للإصابة تتراوح بين *15* و *20* درجة مئوية ، و للتكاثر بين*20* و *25* درجة مئوية ، و أن الحد الأقصى هو *35* درجة مئوية . أما باقي الأنواع ، فتزيد درجات الحرارة المناسبة لها عن تلك الحدود بحدود *5* درجات مئوية.

② الرطوبة الأرضية :

تعتمد النيماتودا على الرطوبة الأرضية في البقاء و النشاط ، و تموت اليرقات و البويضات في التربة الجافة ، لكنها تظل حية مادام محتوى الأرض من الماء بالقدر الذي يكفي لإبقاء الرطوبة النسبية لهواء التربة في حدود *100%* و تفقس اليرقات و تتحرك بسهولة في الأرض ، طالما وجد غشاء مائي حول حبيبات التربة . و عند نقص الرطوبة يقل التنفس ، و تقل حركة اليرقات في التربة ، كما تحدث تأثيرات مماثلة في حالات الغدق.

③ *PH* التربة :

تعيش النيماتودا جيدا في مدى *PH* من *4 - 8* ؛ أي إن ال *Ph* المناسب للنيماتودا هو ايضا في المجال المناسب للنمو النباتي.

④ طبيعة التربة :

تكون شدة الإصابة في الأراضي الرملية الخشنة أعلى - دائما - منها في الأراضي الثقيلة ، التي لا تتحرك فيها النيماتودا بحرية كما في الأراضي الرملية.

و من أهم العوامل التي شجعت على إنتشار نيماتودا النبات بشكل عام ، و نيماتودا تعقد الجذور بشكل خاص ،في الجمهورية اليمنية ، ما يلي :

1 - توفر الحرارة المناسبة لعدة شهور خلال مواسم النمو الطويلة . كما أن درجات الحرارة في كثير من المناطق و خاصة الساحلية خلال الشتاء لا تنخفض إلى مستويات متدنية يصبح معها النشاط البيولوجي للنيماتودا متوقفا أو يكاد.

2 - توفر التربة المناسبة (الخفيفة الرطبة) كما في وادي حضرموت.

3 - التوسع بالزراعة المروية و الزراعة المحمية.

4 - تقليل المساحات المتروكة بورا في الدورات الزراعية.

5 - غالبية الأراضي اليمنية تتصف بأنها متعادلة إلى قلوية حيث يكون ال *Ph* فيها من *7 - 8*

أعداد النيماتودا في التربة : أهميته و العوامل المؤثرة فيها

تحتاج نيماتودا تعقد الجذور إلى نحو *600 - 700* ساعة حرارية تزيد فيها حرارة التربة عن *10* درجات مئوية لكي تكمل دورة حياتها ؛ مما يعني أنه يلزم مرور نحو *3 - 4* أسابيع لإستكمال دورة حياة النيماتودا حينما تكون التربة دافئة و رطبة . و بالرغم من أن النيماتودا يمكنها النمو في درجات الحرارة الأكثر انخفاضا .. إلا أن اليرقات لا يمكنها إختراق الجذور في حرارة تقل عن *18* درجة مئوية.

و عندما يصاب أحد عوائلها فإن أعدادها تزداد بمعدل يتوقف على كل من نوع التربة ، و المناخ السائد ، و أعداد النيماتودا التي كانت متواجدة أصلا في الحقل في بداية موسم النمو ؛ حيث تكون معدلات الزيادة في أعداد النيماتودا أعلى في الأراضي الرملية الخشنة ، و في الحرارة العالية ، و عندما تكون أعدادها عالية منذ البداية . و تنخفض أعداد النيماتودا - عادة - بمقدار *80 - 90%* خلال فصل الشتاء ، و يكون معظم المتبقي منها في صورة بيض و يرقات الطور الثاني.

و تكون الأعداد التي تصل إليها النيماتودا - عادة - في نهاية موسم نمو دافئ في تربة رملية مزروعة بأحد أصناف الطماطم القابلة للإصابة بالنيماتودا - عندما تختلف أعدادها في بداية موسم النمو - كما يلي (أعداد البيض و يرقات الطور الثاني / كجم تربة):

العدد في بداية الموسم	العدد في نهاية الموسم
10	*10000*
20	*20000*
30	*20000*
50	*23000*

100	28000
150	32000
200	35000
250	37000
300	39000
400	42000
500	45000
600	47000
700	49000
800	51000
900	53000
1000	54000

و توجد علاقة عكسية بين أعداد النيماتودا في التربة قبل الزراعة و المحصول المتوقع ، و لذا .. يتعين - دائما - عندما تكون حقول الخضر ملوثة بنيماتودا تعقد الجذور - أخذ عينات من التربة قبل الزراعة لتحديد أعداد النيماتودا التي توجد فيها ، و التي يمكن - على أساسها - التنبؤ بالنقص المتوقع في المحصول.

و الجدول التالي يوضح تأثير اعداد النيماتودا (بيض و يرقات الطور الثاني / كجم تربة) في بداية فصل النمو (في الربيع) في تربة رملية على محصول الطماطم من صنف قابل للإصابة.

أعداد النيماتودا في التربة	المحصول المتوقع (% من المحصول الطبيعي)
0 - 25	100
50	98
100	95
150	91
200	88
250	85
300	82
350	79
400	77
450	74
500	72
550	69
600	67
650	65
700	63
750	61
800	60
850	58
900	56

950 1000	55 53

تؤخذ عينات الفحص حتى عمق 45 سم ، مع أخذ أجزاء من جذور النباتات و الحشائش التي قد تكون نامية ، و تجنب المناطق التي تكون فيها التربة زائدة الرطوبة أو شديدة الإندماج ، و كذلك تستبعد الطبقة السطحية الجافة من التربة ، و تقتصر العينة على التربة الرطبة فقط.

و تبعا لنتيجة الفحص الأولي (السابق للزراعة) للتربة ، فإنه يمكن - بالإستعانة بالجدول السابق - التنبؤ بمقدار النقص المتوقع في المحصول . و بناء على ذلك ، و كذا على معرفة المنتج بمقدار المحصول الطبيعي للصنف المزمع زراعته ، فإنه يستطيع إتخاذ القرار المناسب بشأن المكافحة الكيميائية ، من حيث كونها إقتصادية ، أم غير إقتصادية بالنسبة لظروفه.

و الجدول التالي يبين معدل الكثافة العددية (يرقات طور ثاني / كجم تربة) و نسبة الظهور لنيماتودا تعقد الجذور في بعض المحافظات اليمنية على بعض أنواع الفاكهة (المصدر : دراسات محلية):

المحصول / الصنف	المنطقة	الكثافة العددية	نسبة الظهور %
الموز البلدي الموز اللحجي البن	وادي شرس / حجة	3185 800 135	75 50 20
الباباظ الموز	الحسينية / الحديدة سردد / الحديدة	59 123	7 42
الموز	سيئون الكود	24 - 100 100 - 300	
الباباظ	المكلا الكود	4 - 20 204 - 300	
البن	بني مطر / صنعاء	23.6 - 23.8	0.04 - 0.1

التفاعل بين نيماتودا تعقد الجذور و المسببات المرضية الأخرى

تستطيع النيماتودا المتطفلة على النبات إحداث أشكال مختلفة من الجروح على جذور النباتات المضيفة ، التي تستخدم كممرات سهلة للفطور الممرضة من ساكنات التربة ، و التي قد تؤدي إلى كسر صفة المقاومة عند النباتات للإصابة ببعض الأمراض الفطرية ، و قد وجد أيضا أن النيماتودا تحدث تغيرات فيزيولوجية في النبات المضيف ، فمواقع التغذية للنيماتودا المستقرة داخلية التطفل (الخلايا العملاقة ***giant cells*** غنية بالمواد الغذائية مما يجعلها مكانا مناسبا لغزو الفطور ، كما يمكن للنيماتودا أن تنقل وحدات تكاثر الفطر خارجيا على سطح جسمها أو داخليا عبر قناتها الهضمية ؛ فلبعض أنواع النيماتودا الرمية القدرة على ابتلاع وحدات التكاثر للفطور ***Fusarium spp.*** و ***Verticillium spp.*** و نقلها خلال القناة الهضمية مع المحافظة على حيويتها . و قد تم إظهار الدور الذي تسهم فيه النيماتودا في تطور الأمراض التي تسببها الفطور ساكنات التربة على العديد من المحاصيل مثل القطن و العدس و فول الصويا و الطماطم و البطاطس.

و على الرغم من أن العديد من أجناس النيماتودا داخلية و خارجية التطفل يمكن أن تشارك في معقدات مرضية مع فطور التربة ، إلا أن نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne spp.*** تعد الأكثر أهمية في المعقدات المرضية مع الفطور . و قد تم إظهار التفاعل بين هذه النيماتودا و العديد من الفطور مثل ***Fusarium oxysporum f. sp lentils*** على العدس ، و ***Rhizoctonia solani*** على الطماطم ، و***Fusarium oxysporum f. sp vasinfectum*** على القطن ، و ***V. dahliae*** على الفريز . و تشير إحدى الدراسات أن إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne incognita*** كان له تأثير واضح في زيادة شدة الإصابة بفطر ذبول ***Verticillium dahliae***

وجد أن إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور تمهد للإصابة السريعة و الشديدة للنباتات بالذبول البكتيري ***Pseudomonas solanacearum*** و التقرح البكتيري ***Clavibacter michiganensis*** و الذول الفيوزاري ***Fusarium oxysporum f. sp lycopersici*** و ذبول فيرتيسيليوم ***Verticillium albo - atrum***

و قد أوضحت عديد من الدراسات أن إصابة بعض النباتات بنيماتودا تعقد الجذور تزيد من معدل إصابتها ببعض الأمراض الفطرية و البكتيرية . و من أمثلة هذه التفاعلات مايلي:

المحصول	النيماتودا	المرض المتأثر بها	مسبب المرض
القطن	***Meloidogyne spp***	الذبول الفيوزاري	***Fusarium oxysporum f. sp vasinfectum***
الطماطم	***M. javanica***	الذبول الفيوزاري	***Fusarium oxysporum f. sp lycopersici***
التبغ	***M. incognita***	الساق الأسود	***Phytophthora parasilica var nicotianae***

الطماطم	*M. incognita*	عفن الجذور	*Rhizoctonia solani*
البامية	*M. incognita*	عفن الجذور	*R. solani*
التبغ	*M.incognita*	عفن الجذور	*Pythium ultimum*
فول الصويا	*M. incognita*	عفن الجذور	*Pythium spp*

المكافحة المتكاملة

- زراعة أصناف مقاومة و التطعيم على أصول مقاومة.

إن وجود العامل الوراثي *Mi* في الطماطم يقلل من تكاثر النيماتودا بنسبة *90 %* مقارنة بالصنف الحساس . و تعد المقاومة الوراثية بديل فعال و إقتصادي لتدخين التربة الموبؤة بالنيماتودا ، و للحفاظ على إستدامة المقاومة ينصح ينصح بإستخدام أصناف طماطم مقاومة لدورتين زراعيتين متتاليتين يتبعهم دورة زراعية واحدة بإستخدام صنف حساس.

- زراعة تقاوي سليمة.
- تجنب نقل العدوى بواسطة نقل التربة أو الأدوات الزراعية أو الأسمدة العضوية غير المتحللة.
- التخلص من بقايا المحصول السابق.
- إتباع دورة زراعية تشمل محاصيل مقاومة للنيماتودا كالقمح و الشعير و الذرة و الأرز.
- حراثة الأرض و تعريضها للشمس خلال أشهر الصيف مما يؤدي إلى القضاء على البيوض و اليرقات.
- في المشاتل و البيوت المحمية يمكن تعقيم التربة بأحد الطرق المناسبة مما يلي:

المكافحة بالتبخير الحيوي للتربة بمخلفات البروكولي ، التعقيم الشمسي ، التعقيم بالبخار ، التعقيم الكيميائي.

- المكافحة بمستحثات المقاومة مثل حامض السلسيلك و الميثيل جاسمونيت.
- تقوية النباتات لزيادة قدرتها على مقاومة النيماتودا و ذلك بالتسميد الجيد و ينصح بزيادة التسميد البوتاسي.
- في الأراضي الموبؤة بشدة يفيد غمر التربة بالماء لمدة طويلة كما في زراعة الأرز في خنق النيماتودا.

- وجد أن زراعة البطاطس للعروة الخريفية مبكرا خلال فبراير أو مارس في بعض المناطق الباردة ليكون حصادها في يوليو يؤدي إلى عدم تضررها بنيماتودا تعقد الجذور إلا نادرا.
- الإهتمام بالتسميد العضوي بإستخدام مخلفات حيوانات متحللة.

أدى استخدام السماد العضوي الحيواني بمعدل 15 طن / فدان إلى نقص مستوى الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور على الفول السوداني و ذلك بإضافته للتربة قبل الزراعة بأسبوع ، كما تفوق في تأثيره عن المبيد فايديت بمعدل 3 لتر / فدان.

- يعرف التدخين الحيوي بأنه العملية التي تحدث عندما تنطلق بعض المركبات المتطايرة أثناء تحلل المواد النباتية أو الحيوانية . و نباتات العائلة الصليبية التي تنتمي إلى الجنس ***Brassica*** تحتوي على جلوكوسينولات التي ينطلق منها بعض المواد السامة مثل ثيوسيانات و ايزوثيوسيانات أثناء تحللها و قد ثبت فاعلية البروكلي و الكرنب كمدخنات حيوية في خفض أعداد نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne incognita***
- المكافحة بإستخدام المستخلصات النباتية مثل الزنجبيل و الكركم لمكافحة النيماتودا ***Meloidogyne incognita***على الباذنجان ، خليط من مستخلص نبات الزعتر و القدسية و السمسم و أحماض أمينية نباتية ثبت فاعليته في مكافحة النيماتودا ***Meloidogyne javanica*** على الدراق و نيماتودا الحمضيات ***Tylenchplus semipenveterans*** كما يفيد مسحوق القرنفل عند إضافته للتربة أثناء الزراعة بعد تجفيفه في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne incognita*** على الباذنجان.
- أثبتت إحدى الدراسات فاعلية كبريتات الكالسيوم ضد نيماتودا تعقد الجذور على الطماطم ***Meloidogyne incognita***
- يفيد استخدام المسحوق الجاف لأوراق المورينجا و الحديد المغناطيسي في مقاومة نيماتودا تعقد الجذور على الباذنجان.
- التربة المعالجة بمسحوق أوراق نبات ***Peganum harmala*** أعطى أعلى تخفيض في نيماتودا تعقد الجذور ***Meloidogyne incognita*** على الطماطم ، يليه نبات ***Datura stramonium*** و ***Nicotiana glauca***و ارتفعت فعالية ***Azadirachta indica*** مع الزيادة في معدل الجرعة.

(Saeed and Shawkat 2014)

- يفيد إضافة حبيبات الفضة النانوية في الوقاية من نيماتودا تعقد الجذور على الطماطم ***Meloidogyne incognita***

- تفيد المعاملة المشتركة بفطر *Paecilomyces lilaminus* و المستخلص المائي للداتورة في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* على نخيل البلح صنف زغلول.
- توصي إحدى الدراسات بإستخدام ميتام الصوديوم بمعدل 75 سم3 / م 2و ذلك لمكافحة نيماتودا أزهار القرنفل داخل البيوت البلاستيكية كبديل أفضل لغاز بروميد الميثايل و أن تعتمد هذه الطريقة كجزء من برنامج المكافحة المتكاملة لنيماتودا القرنفل.
- ينصح بإعتماد المعاملة بمستخلص أوراق *Lantana* ضمن الإدارة المتكاملة للنيماتودا*Meloidogyne incognita* على الطماطم.
- المكافحة بإستخدام الطحالب البحرية ضد نيماتودا *Meloidogyne javanica* على الطماطم و البامية.
- معاملة التربة بالإضافات العضوية مثل عجينة خروع الزيت بمعدل 25 جرام لكل 1 كجم تربة مع عجينة أوراق النيم بنفس المعدل.
- تفيد المكافحة بإستخدام فطر *Paecilomyces lilacinus* ضد نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica*على الخيار.
- يفيد استخدام العناصر الصغرى + حامض البنزويك + حمض الهيومك في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* التي تصيب البطاطس.
- يفيد استهدام النيماتودا الممرضة للحشرات في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*على الخيار.
- استخدام المحاصيل الصائدة :

في اليمن تفيد إحدى الدراسات بأن زراعة الفجل *Raphanus sativus* يفيد كمصيدة لتخفيض أعداد نيماتودا تعقد الجذور بالتربة ، و يفيد زراعة نباتات الزينيا *Zinnia elegas* بالتحميل على الطماطم لمكافحة *Meloidogyne incognita*

- المبيدات التي تفيد في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور مثل أبامكتين ، حيث ثبت من خلال التجارب الحقلية في اليمن أن استخدام مبيد سامكوتين سقاية يفيد في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور على الطماطم في أحد البيوت المحمية في محافظة المحويت و هذا يتوافق مع ما ذكره *(Mohammed 2018)*حيث أشار أن مبيد أبامكتين تفوق عن المبيدين أوكساميل و إيثوبروفوس في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور على الطماطم في الدفيئات (المحميات) و من المبيدات المتداولة باليمن و

التي قد تفيد لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور فلوبيرام ، سابونين + سيناماالدهيد و مبيد دازوميت قبل الزراعة ، كما تشير بعض المصادر أن مبيد إيبروديون الفطري ذو تأثير ثانوي ضد النيماتودا.

المصادر:

- صدر الدين نور الدين أبو بكر (2003) الآفات و الأمراض النباتية - الجزء الثاني ، مطبعة الزراعة آربيل - الطبعة الأولى - الإرشاد الزراعي ، الفاو . من 219 - 552 صفحة.

- حسين محمد العروسي ، و محمود أحمد سالم (1997) امراض أشجار الفاكهة ، دار المعارف ، جمهورية مصر العربية 593 صفحة.

- خالد العسس(1999 - 2000)فعالية بعض بدائل بروميد الميثايل في مكافحة النيماتودا و في إنتاج أزهار القرنفل داخل البيوت البلاستيكية ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية (2004) المجلد 20 العدد الثاني الصفحة 31 - 47

- فهد عبدالله الصقر (1430 ه)علم النيماتودا ، قسم زراعة الأراضي القاحلة - برنامج وقاية النبات - كلية العلوم الزراعية و الأغذية - جامعة الملك فيصل - المملكة العربية السعودية 81 صفحة.

- حازم حسن و آخرون (2014 م) ملخصات المؤتمر العربي الحادي عشر لعلوم وقاية النبات ، مجلة وقاية النبات ، الجمعية العربية لوقاية النبات ، مجلد 32 عدد خاص نوفمبر 2014 م ، عدد الصفحات 185 صفحة.

- ريما منصور و خالد العسس (2014 م) تقييم فعالية بعض الفطور المضادة للنيماتودا المعزولة من تربة البيوت المحمية في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور ، قسم وقاية النبات - كلية الزراعة - جامعة دمشق - الجمهورية العربية السورية ، عدد الصفحات 132 صفحة.

- مازن يوسف البودي و ريم يوسف و حسام صليبة ملص (2018 م) تحديد الضرر و التركيب النوعي لنيماتودا تعقد الجذور على محصول الخيار في البيوت المحمية ، المجلة السورية للبحوث الزراعية ، ديسمبر 2019م ، صفحة 484 - 497

- ميمونة المصري و صبحية العربي و ردينة البكا (2019 م) قابلية بعض أصناف الباذنجان المزروعة في سورية للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور ، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - دمشق - سورية ، المجلة السورية للبحوث الزراعية - فبراير 2020 م ، صفحة 425 - 435

- شمائل سحاب مطر ، كفاءة بعض المبيدات في مكافحة مرض تعقد الجذور النيماتودي على نبات الطماطة، قسم وقاية النبات - كلية الزراعة - جامعة بغداد ، مجلة الأنبار للعلوم الزراعية مجلد 14 العدد 2 سنة 2016 م ، عدد الصفحات 8 صفحات.

- ميساء يازجي و ندى ألوف و رامي قسام (2013 م) تقويم فاعلية رشحات عزلات محلية من فطور ترايكودرما في مكافحة بعض أطوار نيماتودا تعقد الجذور تحت الظروف المخبرية ، مجلة وقاية النبات العربية - مجلد 31 عدد 3 سنة 2013 م ، الصفحة 252 - 261

- عمرو جابر نعمان العواضي (2016 م) منشور بعنوان تعقد الجذور النيماتودي - الجمهورية اليمنية.

- عمرو جابر نعمان العواضي ، الزيارات الميدانية في عدة محافظات يمنية من 2016 - 2021 م ، اليمن.

- محمود علي عبدالله المفلحي (2009 م) النيماتودا المتطفلة المرافقة لبعض أشجار الفاكهة في بعض المحافظات اليمنية ، قسم وقاية النبات - كلية الزراعة - جامعة صنعاء - اليمن ، مجلة وقاية النبات العربية مجلد 27 عدد 1 سنة 2009 م ، صفحة 46 - 51

- محمود علي عبدالله المفلحي (2017 م) تقصي أجناس النيماتودا المصاحبة لتربة و جذور أشجار البن اليمني في مديرية بني مطر - محافظة صنعاء - اليمن ، قسم وقاية النبات - كلية الزراعة - جامعة صنعاء - اليمن ، مجلة آسيوط الزراعية - مجلد 48 عدد 4 سنة 2017 م ، صفحة 113 - 120

- أحمد عبدالمنعم حسن (2017 م) بدائل المبيدات لمكافحة أمراض و آفات الخضر ، كلية الزراعة - جامعة القاهرة ، الطبعة الأولى ، دار الكتب العلمية للنشر و التوزيع 2016 م ، عدد الصفحات 490 صفحة.

- فهد بن عبدالله بن علي اليحيى و آخرون (1418 ه) نيماتودا تعقد الجذور أو سرطان الجذور ، نشرة إرشادية رقم 52 مركز الإرشاد الزراعي - كلية الزراعة - جامعة الملك سعود - المملكة العربية الزراعية ، عدد الصفحات 52 صفحة.

- حسين العروسي و سمير ميخائيل و محمد علي عبدالرحيم (1992 م) أمراض النبات ، منشأة المعارف بالإسكندرية ، عدد الصفحات 523 صفحة.

- حسين العروسي (1993 م) أمراض الخضر ، الطبعة الأولى - دار المطبوعات الجديدة - الإسكندرية ، عدد الصفحات 313 صفحة.

- أحمد عبدالمنعم حسن (2000 م) أمراض و آفات و حشائش الخضر ، كلية الزراعة - جامعة القاهرة ، الطبعة الأولى - المكتبة الأكاديمية ، القاهرة ، عدد الصفحات 589 صفحة.

- الدليل الحقلي لزراعة البندورة في لبنان ، المشروع الإقليمي للإدارة المتكاملة للآفات في الشرق الأدنى و دائرة وقاية المزروعات - مصلحة وقاية النبات بوزارة الزراعة اللبنانية ، محمد أبو زيد و عماد نحال ، الطبعة الأولى - شباط 2012 م ، عدد الصفحات 64 صفحة.

- أحمد عبدالمنعم حسن (1998م) الطماطم : الأمراض و الآفات و مكافحتها ، كلية الزراعة - جامعة القاهرة ،الدار العربية للنشر و التوزيع ، عدد الصفحات 212 صفحة.

- لؤي مطر عياش و رياض فالح السبع (2014 م) مسح لأنواع و سلالات نيماتودا تعقد الجذور المصاحبة لنباتات الباذنجان في محافظة نينوى ، كلية الزراعة و الغابات - جامعة الموصل ، مجلة الأنبار للعلوم الزراعية ،بحوث المؤتمر العلمي الرابع ، مجلد 12 عدد خاص - سنة 2014 م ، الصفحة 289 - 301

- أحمد محمد مهنا (2018 م) تقويم أولي لفعالية محرض المقاومة ASM في تحفيز استجابات الدفاع و النمو عند نباتي الطماطم و الباذنجان تجاه الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور ، قسم وقاية النبات - كلية الزراعة -جامعة دمشق - سورية ، مجلة وقاية النبات العربية - مجلد 36 عدد 3 لسنة 2018 م ، الصفحة 223 - 230

- قيس كاظم زوين و عمر إبراهيم طه (2020 م) الإدارة المتكاملة لديدان تعقد الجذور على الطماطم تحت ظروف البيت البلاستيكي ، كلية الزراعة - جامعة تكريت - العراق ، مجلة وقاية النبات العربية - مجلد 38 عدد 1لسنة 2020 م ، الصفحة 31 - 41

- وليد أبو غريبة (1983 م) تقرير عن أمراض المحاصيل المتسببة عن النيماتودا في جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية ، الخرطوم - المنظمة العربية للتنمية الزراعية - جامعة الدول العربية ، الصفحات 36 صفحة.

- سناء هارون ، أطلس الأمراض النيماتودية ، المرشد المصور ، الصفحات 247 صفحة ، ملف pdf

- أحمد عبدالسميع إبراهيم و أحمد الحازمي و فهد اليحيى (1999 م) المرشد العملي في تشخيص أمراض النبات النيماتودية ، نشرة إرشادية رقم 82 مركز الإرشاد الزراعي - كلية الزراعة - جامعة الملك سعود - المملكة العربية السعودية - مكتبة الملك فهد الوطنية - عدد الصفحات 76 صفحة.

- Mohamed, R. M. Saeed (2015): Plant-Parasitic Nematodes Associated with Garlic in Yemen, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Sana'a University, Yemen.

- R. GARCiAand others (1982): Meloidogyne cruciani ~ n.sp., a Root-knot Nematode from St. Croix (U.S. Virgin Islands) with Observations on Morphology of This and Two Other Species of the Genus, Journal of Nematology 14(3):292-303. 1982.

- Seminis (2017): Tomato Diseases , FIELD GUIDE.

- Seman Abrar and other (2020): Integrated management of Meloidogyne incognita in tomato (Solanum lycopersicum) through botanical and intercropping.

- Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes and Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho (2015): IDENTIFICAÇÃO DE MARCADORES MOLECULARES ASSOCIADOS À RESISTÊNCIA À Meloidogyne exigua EM CAFEEIRO.

- Nuria Ferrol (2021) : Molecular and Environmental Triggering Factors of Pathogenicity of Fusarium oxysporum and F. solani Isolates Involved in the Coffee Corky-Root Disease, Journal of Fungi .

- Heather J. Scheck (2021): California Pest Rating Proposal for Meloidogyne incognita (Kofoid & White, 1919) Chitwood 1949 , Southern root-knot nematode , Current Pest Rating: C , Proposed Pest Rating: C , Domain: Eukaryota; Kingdom: Metazoa Phylum: Nematoda; Family: Meloidogynidae.

- Nesrain AbdulKarem Al-Mekhlafi (2019): Efficacy of Native Trichoderma spp. in Controllin

Fusarium wilt of Tomato Plants in Green House, Yemen, Biology Department, Faculty of Science, Sana'a University, Sana'a, Yemen,

- Journal of Nematology, Volume 46, No. 2, June 2014.

- Muhammadali Abid and Muhammad Javed Zaki (2016): Use of marine algae for the management of root-knot nematode (Meloidogyne javanica) in okra and tomato plants).

- Dr. J. N. Sasser, Department of Plant Pathology (1980): Proceedings of The Second Research Planning Conference on Root-Knot Nematodes, Meloidogyne spp.

- Root-Knot Nematodes and Coffee in Nicaragua: Management Systems, Species Identification and Genetic Diversity, Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp 2011,

- aMohamed S. Khalil*, bAbdulqawi A. A. Alqadasi (2018): POTENTIAL OF NON-FUMIGANT NEMATICIDES AT DIFFERENT FORMULATIONS AGAINST SOUTHERN ROOT-KNOT NEMATODE (MELOIDOGYNE INCOGNITA) ON TOMATO PLANTS.

- M. R. M. Saeed and J. N. Shawkat (2014): Nematicidal Effect of Some Botanical Powders and Poultry Manure Against the Root-Knot Nematode Meloidogyne incognita (Kofoid and White) Chitwood infecting Tomato Plants.

Internet :

https://www.semanticscholar.org/paper/A-New-Root-Knot-Nematode%2C-Meloidogyne-baetica-n.-in-Castillo-Vovlas/79ef0cc1c508f7bd33f067601407b95a6e1e9a8a

https://entnemdept.ufl.edu/creatures/NEMATODE/grass_rootknot.html

https://www.researchgate.net/figure/Drawing-of-a-Meloidogyne-A-male-and-B-female-body-with-associated-structures-and_fig3_332145936

ملحق : أعراض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور على الطماطم (المصدر : عمرو العواضي - صعدة - اليمن)